doi:10.13866/j.azr.2019.05.13

盐碱胁迫下的菊芋栽培试验研究①

滕美瑶[1,2]，　许晓鸿[1,2]

（1. 吉林农业大学，吉林 长春　130118；2. 吉林省水土保持科学研究院，吉林 长春　130033）

摘　要： 通过引种滩涂盐碱适宜品种南菊一号的田间种植试验，观测记录生长数据，取样测量土壤理化性质，最终归纳整理，并利用 SPSS 17.0 对整理好的数据进行统计分析。结果表明：① 南菊一号能够在吉林西部盐碱地区正常生长发育，产量丰富，适应状况良好，引种较为成功。南菊一号在淡黑钙土试验田（pH 8.1）生长、存活状况显著优于以沙压碱土试验田（pH 8.3）。淡黑钙土和以沙压碱土南菊一号成活率分别为 94.56%、82.27%；方差分析结果差异显著（$P<0.05$）。② 出苗期，茎、叶干物质积累缓慢；快速生长期，茎、叶干物质积累量开始向地下转移；块茎膨大期，块茎吸收转移来的营养物质，迅速膨大至不变。淡黑钙土试验田南菊一号干物质积累量及产量显著优于以沙压碱土试验田。淡黑钙土试验田和以沙压碱土试验田在快速生长期茎的干物质积累量达到峰值，分别为 912.26 $g\cdot$株$^{-1}$和 756.02 $g\cdot$株$^{-1}$，方差分析结果差异显著（$P<0.05$）。③ 影响南菊一号在吉林省西部盐碱地区受盐碱胁迫下生长、存活的主要因素为含水量、有机质和全氮含量等。④ 南菊一号对淡黑钙土试验田改良效果显著优于对以沙压碱土的改良效果。由此可知，南菊一号能够适应并良好生长于吉林省西部盐碱地区，且南菊一号更适宜栽种于淡黑钙土试验田。

关键词： 盐碱化土；盐碱胁迫；南菊一号；引种；适应性；吉林

据联合国教科文组织（UNESCO）和联合国粮食及农业组织（FAO）不完全统计，世界盐渍土面积约为 1.0×10^9 hm^2[1]。在我国，虽然盐碱化土不是最重要的高产土壤类型之一，但它却是重要的后备土地资源。目前东北是我国土地盐碱化最严重的地区之一，也是世界三大苏打盐碱土集中分布区域之一。东北地区的盐碱化类型主要以苏打盐碱化为主[2]，自然因素方面，由于气候条件、地质地貌条件、土壤地质和地下水、土壤水分蒸腾和自然变更等因素，使得该地区耕作条件较差；人为因素方面，由于灌溉水质差、灌溉方式不合理、乱砍乱伐、耕作管理不当、过度开采资源等因素，使得盐碱土面积不断扩大[3]，并且以每年 1.4% 的增长速度在不断扩大[4]。因此，选择和引种既能恢复生态又能有效发挥经济效益的植物，丰富盐碱化土地生物品种成为近年来的研究热点。菊芋作为一种具有观赏价值，且浑身是宝的经济型作物，具有耐旱、耐寒、耐盐碱、耐贫瘠、繁殖能力强等特点，地上茎叶和地下块茎除能作为饲料外，还可入药和酿造工业酒精，经济价值非常可观。菊芋植株高大，生长迅速，根系非常发达，能牢牢抓住地面，同时具有很好的环境保护价值[5]。因而，在吉林西部盐碱化土进行引种栽培试验和推广应用具有重要意义。

前人对菊芋引种作了相关研究。李世煜等[6]通过不同菊芋品种在次生盐渍化土壤的种植研究，筛选出了适合西北干旱盐碱地区的新品种；闫秀峰等[7]对菊芋在东北松嫩盐碱草地的引种状况和改良应用进行了探讨；赵俊香等[8-9]研究了不同菊芋品种幼苗受盐碱胁迫的响应机理；宋洋等[10]分析了在盐碱、海水胁迫下对菊芋生长的影响；赵耕毛等[11]研究了异源养殖废水农业利用对耐盐植物菊芋生长及产量的影响；黄增荣等[12]研究了不同盐分土壤中盐肥耦合对菊芋生长和产量的影响；隆小华等[13]研究了冬季咸水结冰灌溉对平原区盐碱土菊芋生长的影响；吴成龙等[14]对不同菊芋品种在 NaCl 胁迫下对其生长的影响进行了相关研究。虽然很多学者对于菊芋在盐碱土种植与利用方面有大量的研究，但通过引种适宜南方滩涂的盐碱品种对

① 收稿日期：2018-11-19；　修订日期：2019-01-15

基金项目：水利部“948”项目“流域侵蚀元素迁移分析系统”（201521）；吉林省水利厅资助项目“生态治水中优良水土保持草种引种试验研究”（吉水科〔2016〕-7）；吉林省水利厅资助项目“吉林省旱作农业水资源调控水土保持经济作物引种试验”（吉水科〔2016〕-6）；吉林省西部盐碱地综合治理技术集成研究与示范项目资助

作者简介：滕美瑶（1991-），女，在读硕士研究生，主要从事盐碱地治理研究. E-mail:328164333@qq.com

吉林省西部苏打盐碱化土壤的栽培试验却鲜有报道。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于吉林省通榆县鸿兴镇聚富村，地理坐标为 123°12′12″～123°12′53″E，45°02′11″～45°02′51″N。属温带季风气候，四季分明，春季干旱，夏季炎热，秋季凉爽，冬季寒冷少雪，春秋季节多风；年平均气温 6 ℃，大于等于 10 ℃的积温 3 278.4 ℃，年平均日照时数为 2 917 h，年平均蒸发量为 1 893.6 mm；年平均风速 4.2 $m \cdot s^{-1}$，最大可达 30～40 $m \cdot s^{-1}$，一般在 5～6 级，最大风力超过 11 级，大风日数 19 d，8 级以上大风天数 26 d；无霜期 134 d，最大冻土深度 1.78 m；年平均降水量 382.2 mm，自 2000 年以来连年干旱严重，近年平均降雨量只有 297 mm，受季风气候影响，降水年内分布不均，3、4、5 月降水量仅占全年的 3.5%，多集中在 7、8、9 月，占全年降水量的 70% 以上；土壤类型包括淡黑钙土、盐碱土、草甸土、沼泽土、风沙土等。

1.2 供试材料

供试材料为南京农业大学刘兆普先生团队研究的适宜滩涂盐碱的南菊一号菊芋品种，栽植时间为 2017 年 4 月末，分别栽植于淡黑钙土试验田（pH 8.1）和以沙压碱土试验田（pH 8.3），小区面积均为 10 m×20 m，小区内栽植行株距均为 0.65 m×0.65 m，农家肥施用量为 30 $m^3 \cdot hm^{-2}$，每 30 d 浇 1 次水。

1.3 测定方法

1.3.1 生长指标测定　生长指标的测定从 4 月末栽植开始，到 10 月下旬为止。每个小区各选择 5 株长势具有代表性的进行生长指标的测定。株高（PH 即沙面到植株生长点的高度）、叶长（LL 即叶尖端到叶柄间的距离）、叶宽（LW 即叶的最宽处距离）用卷尺测定，精确度为 0.1 cm，地径（GD 即地上根基部直径）用游标卡尺测定，鲜重（FW 即洗净后吸干表面水分的块茎鲜重）、干重（DW 即将测完鲜重的块茎样品装入干燥纸袋内，置于 70 ℃烘箱内烘干至恒重）用电子秤测量。

1.3.2 土壤指标测定　2017 年 5—11 月分别进行土壤采样。在淡黑钙土试验田和以沙压碱土试验田的对角线上取 5 个点，取平均值；环刀取表层土，用作物理性质测定，化学性质测定取土深度为 20 cm，土壤物理性质指标用称重法，土壤 pH 测定采用美国 Spectrum pH 400，土壤全氮量（TN）的测定用半微量开氏法，土壤全磷量（TP）的测定用 NaOH 熔融－钼锑抗比色法，土壤全钾量（TK）的测定用 NaOH 熔融法，土壤有机质含量测定用重铬酸钾容量法（外加热）。

1.4 数据处理及分析

应用 Excel 进行数据整理及图表绘制，利用 SPSS 17.0 中 ANNOVA 单因素方差分析 Duncan 法进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 生长状况

由表 1 可知，在不同土壤类型种植的菊芋总体状况良好。4 月末为出苗期，5、6 月为生长缓慢的幼苗期，7 月上旬到 9 月上旬为快速生长期，地上地下生长指标都迅速增加，9 月上旬基本达到最大程度，之后趋于稳定。这说明：南菊一号在吉林西部盐碱

表 1　试验区不同土壤南菊一号生长状况

Tab.1　Growth status of Nanju No.1 on different soils in the test area

出苗后日期	株高/cm		地径 /mm		叶长/cm		叶宽/cm	
/月－日	淡黑钙土	以沙压碱土	淡黑钙土	以沙压碱土	淡黑钙土	以沙压碱土	淡黑钙土	以沙压碱土
04－30	3.72±1.07	2.78±1.07	0.29±0.04	0.18±0.02	3.40±0.80	3.00±0.63	2.00±0.32	2.10±0.49
05－30	21.60±3.89	16.56±3.89	0.60±0.08	0.35±0.05	6.20±0.75	6.20±1.14	3.00±0.63	3.00±0.63
07－07	46.32±5.69	34.58±5.69	0.77±0.15	0.63±0.05	9.40±1.02	9.00±1.41	4.00±0.63	4.00±0.63
07－21	73.84±7.71	54.50±7.71	1.15±026	0.91±0.10	12.40±1.02	12.20±1.17	5.60±1.02	5.20±0.75
08－02	88.46±8.35	64.70±8.35	1.34±0.24	1.09±0.09	13.60±1.02	13.40±1.02	7.00±1.26	6.40±0.80
08－14	108.96±8.40	79.34±8.41	1.63±0.22	1.34±0.13	15.80±1.33	15.60±1.20	8.80±0.98	8.20±0.75
09－07	123.60±9.02	95.80±9.02	1.86±0.20	1.60±0.12	20.00±1.79	19.00±1.90	12.20±1.33	11.60±1.02
10－02	123.72±9.06	96.00±9.06	1.94±0.22	1.70±0.16	20.40±1.83	19.34±2.00	12.56±1.29	11.96±1.08
10－21	123.72±8.99	96.00±9.01	1.96±0.23	1.71±0.15	19.90±1.78	19.30±1.91	12.28±1.40	11.58±1.03

注：数值均为 5 个样点的平均值。

化淡黑钙土和以沙压碱土中都能正常完成整个生长周期,且生长良好。整个南菊一号生长指标的数值均为:以淡黑钙土 > 以沙压碱土,且除株高、地径 2 个指标方差分析结果差异显著($P<0.05$)外,其他指标均差异不显著。例如,8 月 14 日、9 月 7 日淡黑钙土的株高为以沙压碱株高的 137.38% 和 129.02%。8 月 14 日、9 月 7 日淡黑钙土的地径为以沙压碱土地径的 121.64% 和 116.25%。

由表 2 可知,在淡黑钙土上的出苗率要优于以沙压碱土上的出苗率,方差分析结果差异显著($P<0.05$)。且在淡黑钙土上的出苗率较高,平均可达 94.56%。这说明:南菊一号具有一定的抗盐碱性,盐碱胁迫的现象未对其生长起到明显的抑制作用,同时,南菊一号在吉林省西部地区两种盐碱化土壤上都能够正常生长、存活,且淡黑钙土比以沙压碱土更适合。

2.2 地上地下干物质积累状况

由图 1 和图 2 可知,淡黑钙土区和以沙压碱土区中地上干物质的累积有相似的变化规律。7 月上旬在淡黑钙土和以沙压碱土中茎、叶干物质的质量均低于 60 g 左右,并且积累较为缓慢;从 7 月上旬起,茎、叶干物质的质量开始快速积累,尽管期间下部叶片枯萎,但新叶片仍持续增加;9 月上旬左右淡黑钙土和以沙压碱土中南菊一号茎的干物质质量达到峰值(912.26 g·株$^{-1}$,756.02 g·株$^{-1}$),两者差异显著($P<0.05$),之后逐渐减少;与茎一致,南菊一号叶的干物质质量达到峰值(142.35 g·株$^{-1}$,106.15 g·株$^{-1}$)两者差异显著,$P<0.05$,之后逐渐减少。

由图 3 可知,地下块茎直到出苗后 8 月中旬开始产生,到 10 月 21 日左右达到峰值(1 212.26 g·株$^{-1}$,1 056.02 g·株$^{-1}$),两者差异显著($P<0.05$)。块茎的干物质累积分为 3 个阶段:出苗期后 8 月中旬到 9 月上旬块茎干物质积累缓慢,但仍逐渐增加,这是因为块茎数量在增加;9 月上旬到 10 月初左右,块茎数量仍不断增加,但块茎开始迅速膨大,这是因为茎、叶的干物质开始向块茎快速转移吸收;10 月初到 10 月下旬及往后,块茎的数量和干物质积累量开始趋于稳定。这说明:9 月上旬之后,地上生物量茎、叶的干物质质量开始不断减少,并向着地下生物量块茎转移,促使块茎的干物质质量和体积不断增大,块茎数量不断增加。

表 2 菊芋在吉林西部盐碱化土壤上的出苗状况

Tab. 2 Emergence of *Helianthus tuberosus* on saline or alkaline soil in west Jilin Province

	土壤成活率/%
淡黑钙土	94.56 ± 3.84A
以沙压碱土	82.27 ± 2.95B

注:成活率为平均值 ± 标准差,同列不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。

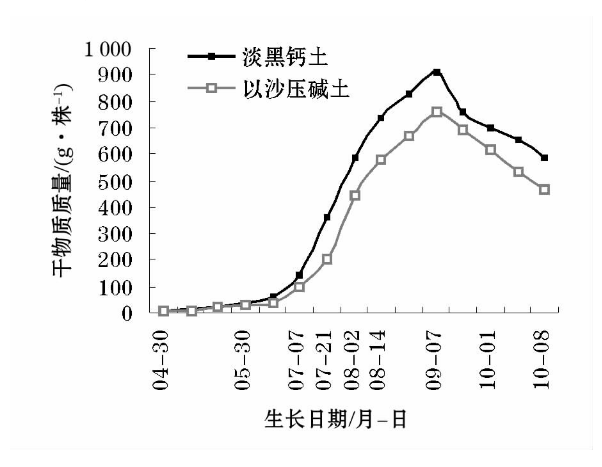


图 1 茎干物质积累动态

Fig. 1 Dry matter accumulation of stem

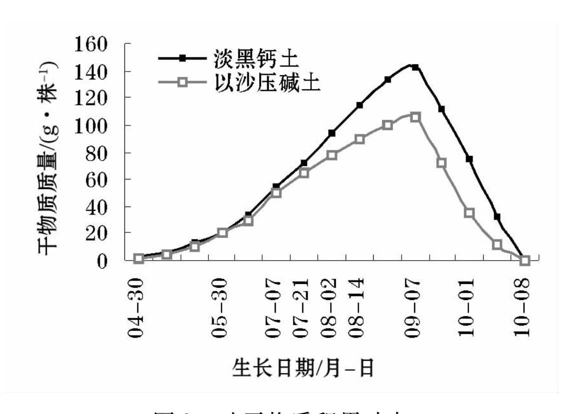


图 2 叶干物质积累动态

Fig. 2 Dry matter accumulation of leaf

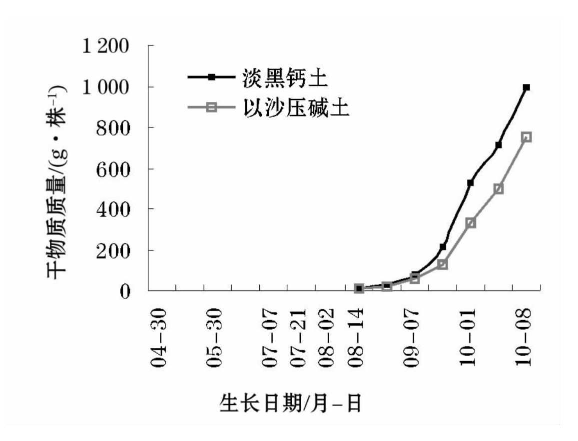


图 3 块茎干物质积累动态

Fig. 3 Dry matter accumulation of tuber

2.3 对土壤的适宜性及影响状况

由表4和表5可知,2016年栽植南菊一号淡黑钙土的含水量、有机质和全氮含量等指标属于均显著优越于以沙压碱土,方差结果差异显著($P<0.01$)。2016年淡黑钙土的含水量是以沙压碱土的163.13%,淡黑钙土的有机质是以沙压碱土的149.74%,淡黑钙土的全氮含量是以沙压碱土的162.28%;以沙压碱土的容重、总孔隙度、pH等指标高于淡黑钙土,方差结果差异显著($P<0.05$)。结合上述分析可以看出,淡黑钙土生长状况优于以沙压碱土的原因是淡黑钙土的含水量、有机质和全氮含量状况较好,并且南菊一号能够耐盐碱、耐干旱,尽管以沙压碱土的pH高于淡黑钙土,但在以沙压碱试验田也能够正常生长发育,并未对其生长发育起显著抑制作用。

淡黑钙土和以沙压碱土上种植南菊一号明显改善了土壤含水量、容重、总孔隙度、pH、有机质和全氮含量的状况,且南菊一号对淡黑钙土各项指标的改良效果要比对以沙压碱土的改良效果明显,方差分析结果均差异显著($P<0.05$)。例如,南菊一号分别提高淡黑钙土、以沙压碱土含水量的37.95%和24.35%;南菊一号分别提高淡黑钙土和以沙压碱土有机质的6.04%和3.62%;南菊一号分别降低淡黑钙土和以沙压碱土pH的1.49%和0.24%。这说明:南菊一号对盐碱化土壤具有一定的改良作用,其中淡黑钙土的改良效果要优于对以沙压碱土的改良效果,土壤改良作用也更加明显。

表3 菊芋试验田盐碱化土壤的物理性质

Tab.3 Physical properties of saline or alkaline soil in the test field of *Helianthus tuberosus*

土壤类型	日期/年-月	容重/($g\cdot cm^3$)	总孔隙度/%	含水量/%
淡黑钙土	2016-11	1.42±0.02aA	38.74±0.26aA	11.99±0.18aA
	2017-11	1.36±0.01bA	36.25±0.47bA	16.54±0.24bA
以沙压碱土	2016-11	1.60±0.01aB	36.26±0.14aB	7.35±0.51aB
	2017-11	1.45±0.01bB	35.37±0.33bB	9.14±0.38bB

注:数值为平均值±标准差;同列不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$)。下同。

表4 菊芋试验田盐碱化土壤的化学性质

Tab.4 Chemical properties of saline or alkaline soil in the test field of *Helianthus tuberosus*

土壤类型	日期/年-月	pH	有机质/($g\cdot kg^{-1}$)	全氮/($g\cdot kg^{-1}$)	全磷/($g\cdot kg^{-1}$)	全钾/($g\cdot kg^{-1}$)
淡黑钙土	2016-11	7.56±0.08aa	31.25±0.64aA	1.85±0.02aA	0.341±0.004aa	16.58±0.14aa
	2017-11	7.81±0.10ba	29.47±0.48bA	1.99±0.01bA	0.352±0.003ba	16.26±0.26aa
以沙压碱土	2016-11	7.32±0.05ab	20.87±0.66aB	1.14±0.02aB	0.353±0.009ab	16.22±0.19ab
	2017-11	7.60±0.06bb	20.14±0.51bB	0.25±0.02bB	0.364±0.005ab	17.71±0.34ab

3 讨论

3.1 南菊一号在吉林西部盐碱化土壤的生长状况及其适应性

植物引种是指人类把植物转移到自然分布或当前范围以外的地方进行栽培,通过简单的措施即能适应新的环境,并能够正常发育[15]。本研究结果表明:南菊一号在吉林西部盐碱化土壤上生长发育周期分为3个阶段:出苗期,南菊一号生长缓慢,茎、叶干物质积累也缓慢;快速生长期,南菊一号快速生长,茎、叶干物质积累量也在快速增加;块茎膨大期,茎、叶大量的干物质在不断减少,转移到块茎中,为块茎质量和体积的快速增大提供充足的养分。同时,南菊一号在淡黑钙土试验田比以沙压碱试验田中生长发育的更为良好,且尽管以沙压碱试验田中盐碱程度较大,但南菊一号也能够正常生长,经济产量也颇为理想。因此,从植物生长指标和南芋一号本身耐盐碱、耐贫瘠、耐干旱等特性来看,南菊一号能够在吉林西部盐碱地区正常生长发育,引种较为成功。前人相关研究也都表明,南菊一号是一种适应性很强的理想引种植物。刘祖昕等[16]总结得出菊芋适应性广,抗逆性强,生物质产量高,能源化利用方式多样,且环境友好,是我国有前景的非能源植物之一。李屹等[17]研究结果发现,在轻度和中度干旱胁迫下(土壤含水量为土壤最大持水量的45%以上)菊芋出苗率基本不受影响且能够正常生长,具有很好的耐旱、耐盐碱性,适应能力很强。但研究时间短,拓展性不强,需进一步加强。

3.2 不同土壤理化性质对南芋一号生长的影响

土壤容重、孔隙度、含水量是土壤基础物理性质

指标,直接影响土壤的持水性和透水性,对土壤水源涵养功能具有重要作用。在土壤开发利用过程中土壤物理性质的变化对土壤肥力的保持具有重要作[18]。本研究结果表明,淡黑钙土试验田中南菊一号的生长、存活状况较好,且改良效果显著优于以沙压碱土试验田。淡黑钙土试验田的容重、总孔隙度相似,土壤水分显著高于以沙压碱土试验田($P<0.01$),说明影响南菊一号在吉林西部盐碱化地区能够正常适应的重要土壤物理指标为含水量。原因有可能是吉林西部地区降水量少,蒸发量大[19],土壤水分含量较低,秋季返盐现状明显,因此土壤水分含量成为了限制植物生长的重要指标。另一方面,以沙压碱土保水能力较弱,再加上第二年人为扰动、机器翻耕等影响因素,水分胁迫抑制了以沙压碱土南菊一号的生长。前人研究也有相似结果。景淼等[20]研究发现,通过种植植物来改善盐碱地土壤物理性指标,能够更好地降低成本,效率高,保护环境。一些作者通过对小麦[21]、树莓[22]、大豆[23]等研究也都表明,土壤物理性状对植物生长、土壤改良等均具有重要影响。

土壤 pH、N、P、K 元素含量以及有机质均是土壤化学性质的重要指标。本研究结果表明,种植南菊一号能够显著改善盐碱化土壤的容重、总孔隙度、含水量、pH、有机质和全氮状况(全磷、全钾改善效果不明显),其中淡黑钙土试验田的有机质含量和全氮含量显著高于以沙压碱土试验田($P<0.01$)。这说明,吉林西部盐碱化地区土壤中有机质和全氮含量等重要指标显著影响南菊一号的生长状况和产量。前人对此也有相似观点。孙晓娥等[24]研究结果表明,在适当增加土壤中的氮和磷的含量,彼此协同作用下菊芋块茎产量达到最高、最优质。樊建琼等[25]研究表明,土壤有机质含量、全 N、全 P 和全 K 含量对水稻产量影响显著。

3.3 南菊一号对吉林西部盐碱地区植被恢复及其价值的影响

盐碱地种植耐盐性植物不仅能够改良土壤,其自身带来的价值也是不可估量的。在盐碱地种植耐盐性植物不仅可以增加植物的覆盖度,植物的根系也能牢牢抓住地面,在广度和深度上不断扩增,形成防风带,防止水土流失,对于提高植物的光合利用率,减少植物水分蒸发,固定土壤,增加土壤有机质的含量,改善土壤理化性质等方面都有重要作用。本研究结果显示,吉林西部盐碱地区种植南菊一号能够显著改善土壤的理化性状,且对淡黑钙土改良效果要显著优于对以沙压碱土改良效果。

栽植菊芋从经济、社会方面考虑,其块茎产量高且适合作为经济作物。菊芋能作为生物能源生产柴油,作为饲用植物应用于饲料工业,作为原料制备菊粉及低聚果糖,应用于食品及酿酒行业,在医疗和保健行业也极具开发价值[26]。这种集生态、经济、社会价值于一体的植物在今后吉林西部盐碱地区应用中必将起到更大作用,取得优秀的成绩。

综上所述,南菊一号在吉林西部盐碱化地区受盐碱胁迫环境下能够适应且正常生长,在淡黑钙土试验田(pH 8.1)的适宜状况优于以沙压碱土试验田(pH 8.3),具有较好的改良盐碱化土壤的作用。下一步,还应对南菊一号在吉林西部盐碱化土壤中多年生长状况、以及对土壤改良状况进行研究;同时,对菊芋种质资源的研究与保存进行更进一步的研究。

4 结论

(1) 在吉林西部盐碱胁迫环境下南菊一号能够经正常生长发育,得到较为可观的经济产量,生态经济效益显著,适宜吉林西部盐碱化土壤推广应用。

(2) 南菊一号在吉林西部的速生期为 7 月上旬至 9 月上旬,10 月下旬开始,南菊一号块茎产量趋于稳定,且淡黑钙土株高、地径以及块茎等指标均优于以沙压碱土。

(3) 南菊一号在淡黑钙的土生长状况比在以沙压碱土上好,其主要原因是淡黑钙土的含水量、有机质和全氮含量状况优于以沙压碱土。

(4) 南菊一号对淡黑钙土的改良作用要比对以沙压碱土的改良作用显著,且改良状况较为明显的土壤指标包括土壤容重、总孔隙度、含水量、pH、有机质和全氮。

参考文献(References):

〔1〕 王遵亲. 中国盐渍土〔M〕. 北京:科学出版社,1993:325－344.〔Wang Zunqin. Saline Soil in China〔M〕. Beijing:Science Press, 1993:325－344.〕

〔2〕 王春裕,武志杰,石元亮,等. 中国东北地区的盐渍土资源〔J〕. 土壤通报,2004,35(5):643－647.〔Wang Chunyu, Wu Zhijie, Shi Yuanliang, et al. Saline soil resources in Northeast China〔J〕. Chinese Journal of Soil Science,2004,35(5):643－647.〕

〔3〕 王善仙,刘宛,李培军,等. 盐碱土植物改良研究进展〔J〕. 中国

农学通报,2011,27(24):1－7.〔Wang Shanxian,Liu Wan,Li Peijun,et al. Advances in research on improvement of saline-alkaline soil plants〔J〕. Chinese Agricultural Science Bulletin,2011,27(24):1－7.〕

〔4〕 徐璐,王志春,赵长巍,等. 东北地区盐碱土及耕作改良研究进展〔J〕. 中国农学通报,2011,27(27):23－31.〔Xu Lu,Wang Zhichun,Zhao Changwei,et al. Research progress of saline alkali soil and cultivation improvement in Northeast China〔J〕. Chinese Agricultural Science Bulletin,2011,27(27):23－31.〕

〔5〕 黄明月,阮成江,王金妹,等. 菊芋耐盐性的初步研究〔J〕. 河南农业科学,2011,40(5):137－141.〔Huang Mingyue,Ruan Chengjiang,Wang Jinmei,et al. Preliminary study on salt tolerance of jerusalem artichoke〔J〕. Journal of Henan Agricultural Tural Sciences,2011,40(5):137－141.〕

〔6〕 李世煜,晋小军,席旭东,等. 内陆干旱灌区次生盐渍化土壤适宜种植菊芋品种筛选〔J〕. 中国农学通报,2010,26(15):198－202.〔Li Shiyu,Jin Xiaojun,Xi Xudong,et al. Screening of jerusalem artichoke varieties suitable for secondary salinized soil in inland irrigation area〔J〕. Chinese Agricultural Science Bulletin,2010,26(15):198－202.〕

〔7〕 闫秀峰,李一蒙,王洋. 改良松嫩盐碱草地的优良植物——菊芋〔J〕. 黑龙江大学自然科学学报,2008,25(6):812－216.〔Yan Xiufeng,Li Yimeng,Wang Yang. An excellent plant for improving Songnen saline-alkali grassland:Jerusalem artichoke〔J〕. Journal of Natural Science of Heilongjiang University,2008,25(6):812－216.〕

〔8〕 赵俊香,任翠梅,吴凤芝,等. 16 份菊芋种质苗期耐盐碱性筛选与综合鉴定〔J〕. 中国生态农业学报,2015,23(5):620－627.〔Zhao Junxiang,Ren Cuimei,Wu Fengzhi,et al. Screening and comprehensive identification of salt and alkali resistance in 16 seedlings of jerusalem artichoke〔J〕. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2015,23(5):620－627.〕

〔9〕 赵俊香,刘守伟,吴凤芝. 盐碱胁迫对 4 种菊芋材料种子萌发及幼苗生长的影响〔J〕. 作物杂志,2015(1):133－137.〔Zhao Junxiang,Liu Shouwei,Wu Fengzhi. Effects of saline-alkali stress on seed germination and seedling growth of four kinds of jerusalem artichoke〔J〕. Crop,2015(1):133－137.〕

〔10〕 宋洋,肖晖,何云霞,等. 盐碱胁迫对菊芋生长影响的研究进展〔J〕. 黑龙江农业科学,2011(7):152－154.〔Song Yang,Xiao Hui,He Yunxia,et al. Advances in research on the effects of saline-alkali stress on the growth of jerusalem artichoke〔J〕. Heilongjiang Agricultural Science,2011(7):152－154.〕

〔11〕 赵耕毛,刘赵普,汪辉,等. 滨海盐渍区利用异源海水养殖废水灌溉耐盐能源植物(菊芋)研究〔J〕. 干旱地区农业研究,2009,27(3):107－111.〔Zhao Gengmao,Liu Zhaopu,Wang Hui,et al. Study on irrigation of salt-tolerant energy plants (jerusalem) by using heterogenous marine aquaculture wastewater in coastal saline area〔J〕. Agricultural Research in Arid Areas,2009,27(3):107－111.〕

〔12〕 黄增荣,隆小华,李洪燕,等. 江苏北部滨海盐土盐肥耦合对菊芋生长和产量的影响〔J〕. 土壤学报,2010,47(4):709－714.〔Huang Zengrong,Long Xiaohua,Li Hongyan,et al. Effects of salt and fertilizer coupling of coastal saline soil on the growth and yield of jerusalem artichoke in the North of Jiangsu Province〔J〕. Acta Pedologica Sinica,2010,47(4):709－714.〕

〔13〕 隆小华,倪妮,金善钊,等. 北方滨海盐碱地冬季咸水结冰灌溉对菊芋生长及离子分布的影响〔J〕. 农业环境科学学报,2012,31(1):161－165.〔Long Xiaohua,Ni Ni,Jin Shanzhao,et al. Effects of winter salt water icing irrigation on the growth and ion distribution of jerusalem artichoke in the coastal saline-alkali land in North China〔J〕. Journal of Agro-Environment Science,2012,31(1):161－165.〕

〔14〕 吴成龙,周春霖,尹金来,等. NaCl 胁迫对菊芋幼苗生长及其离子吸收运输的影响〔J〕. 西北植物学报,2006,26(11):2 289－2 296.〔Wu Chenglong,Zhou Chunlin,Yin Jinlai,et al. Effects of NaCl stress on the growth and ion absorption and transport of jerusalem artichoke seedlings〔J〕. Acta Botanica-Occidentalia Sinica,2006,26(11):2 289－2 296.〕

〔15〕 戴思兰. 园林植物遗传育种学〔M〕. 北京:中国林业出版社,2007:45－46.〔Dai Silan. Genetics and Breeding of Garden Plants〔M〕. Beijing: China Forestry Publishing House,2007:45－46.〕

〔16〕 刘祖昕,谢光辉. 菊芋作为能源物质的研究进展〔J〕. 中国农业大学,2012,17(6):122－132.〔Liu Zuxin,Xie Guanghui. Research progress on jerusalem artichoke as energy substance〔J〕. China Agricultural University,2012,17(6):122－132.〕

〔17〕 李屹,黄高峰,孙雪梅. 干旱胁迫对菊芋苗期生长的影响〔J〕. 江苏农业科学,2014,40(10):75－77.〔Li Yi,Huang Gaofeng,Sun Xuemei. Effect of drought stress on the growth of jerusalem artichoke seedlings〔J〕. Jiangsu Agricultural Science,2014,40(10):75－77.〕

〔18〕 刘艳朋,李成亮,高明秀,等. 不同土地利用方式对黄河三角洲土壤物理特性的影响〔J〕. 生态学报,2015,35(15):5 183－5 190.〔Liu Yanpeng,Li Chengliang,Gao Mingxiu,et al. Effects of different land use patterns on soil physical properties of the Yellow River Delta〔J〕. Acta Ecologica Sinica,2015,35(15):5 183－5 190.〕

〔19〕 郭兴. 3 种观赏草对盐碱土理化性质的影响〔J〕. 安徽农业科学,2018,46(21):133－136,157.〔Guo Xing. The effects of three kinds of ornamental grass on saline soil〔J〕. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2018,46(21):133－136,157.〕

〔20〕 景淼,李璐,李大威. 不同人工植物类型对盐碱地土壤物理性质的影响〔J〕. 防护林科技,2016,15(10):5 215－5 217.〔Jing Miao,Li Lu,Li Dawei. Effects of different artificial plant types on soil physical properties of saline-alkali land〔J〕. Protection Forest Science and Technology,2016,15(10):5 215－5 217.〕

〔21〕 芦永兴,乔增阳. 碱化土壤物理性质及对小麦苗期生长的影响〔J〕. 内蒙古农业科技,2006(5):38－39.〔Lu Yongxing,Qiao Zengyang. Physical properties of alkalization soil and its effect on seedling growth of wheat〔J〕. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology,2006(5):38－39.〕

〔22〕 朱首军,陈云明,陈铁山,等. 树莓和黑莓对土壤物理性质的影响〔J〕. 西北植物学报,2003,23(8):1 462 –1 466.〔Zhu Shoujun, Chen Yunming, Chen Tieshan, et al. Effects of raspberry and blackberry on physical properties of soil〔J〕. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2003,23(8):1 462 –1 466.〕

〔23〕 朱宝国,张春峰,贾会彬,等 不同滴管量对春大豆生长及土壤物理性状的影响〔J〕. 核农学报,2017,31(11):2 250 –2 257.〔Zhu Baoguo, Zhang Chunfeng, Jia Huibin, et al. Effects of different dropper amounts on growth and soil physical properties of spring soybean〔J〕. Journal of Nuclear Agriculture Sciences,2017, 31(11):2 250 –2 257.〕

〔24〕 孙晓娥,孟宪法,刘兆普,等. 氮磷互作对菊芋块茎产量和品种的影响〔J〕. 生态学杂志,2013,32(2):363 –367.〔Sun Xiao'e, Meng Xianfa, Liu Zhaopu, et al. Effects of nitrogen and phosphorus interaction on tuber yield and variety of jerusalem artichoke〔J〕. Chinese Journal of Ecology,2013,32(2):363 –367.〕

〔25〕 樊建琼,胡延涛. 土壤理化性质对盐碱地水稻产量的影响〔J〕. 农村经济与科技,2018,29(6):6 –7.〔Fan Jianqiong, Hu Yantao. Effects of soil physical and chemical properties on rice yield in saline-alkali land〔J〕. Rural Economy and Science and Technology,2018,29(6):6 –7.〕

〔26〕 宋含,王家林. 菊芋的开发与应用〔J〕. 食品工程,2013(3):7 –9.〔Wang Han, Wang Jialin. Development and application of jerusalem artichoke〔J〕. Food Engineering,2013(3):7 –9.〕

Cultivation of *Helianthus tuberosus* under Saline or Alkaline Stress

TENG Mei-yao[1,2], XU Xiao-hong[1,2]

(1. *Jilin Agricultural University, Changchun* 130118, *Jilin, China*;

2. *Jilin Province Institute of Soil and Water Conservation, Changchun* 130033, *Jilin, China*)

Abstract: The field planting test data and the recorded growth data of Nanju No. 1 were obtained based on investigating the physiochemical properties of saline or alkaline soil of tidal flat. These data were finally sorted and summarized, and the SPSS 17.0 was used for the statistical analysis. Results were as follows: ① Nanju No. 1 was able to adapt the saline or alkaline soil in west Jilin Province with its high yield and good adaptability. The introduction was relatively successful. The survival, wintering status and growth status of the Nanju No. 1 on the light chernozem (pH 8.1) were significantly superior to those in the experimental field (pH 8.3). The survival rates of Nanju No. 1 on light chernozem and sandy alkaline soil were 94.56% and 82.27% respectively, and the differences were significant ($P < 0.05$); ② At the emergence stage, the dry matter accumulation of stems and leaves was slow; during the rapid growth period, the dry matter accumulation of stems and leaves began to transfer to underground; during the tuber expansion period, the nutrients absorbed by tubers increased rapidly. The dry matter accumulation and yield of Nanju No. 1 on the light chernozem were significantly higher than that on the sandy alkaline soil. The dry matter accumulations of stems on the light chernozem and the sandy alkaline soil during the fast growing period reached 912.26 g · plant^{-1} and 756.02 g · plant^{-1}, and the difference was significant ($P < 0.05$); ③ The main factors affecting the survival and growth status of Nanju No. 1 under the saline or alkaline stress in west Jilin Province were the moisture content, organic matter content and total nitrogen content in soil; ④ The improvement effect of Nanju No. 1 on the light chernozem was significantly better than that on the sandy alkaline soil. In conclusion, Nanju No. 1 could adapt to the light chernozem and the sandy alkaline soil well in west Jilin Province, and the light chernozem soil is more suitable for Nanju No. 1.

Key words: saline or alkaline soil; saline or alkaline stress; Nanju No. 1; introduction; adaptability; Jilin Province